参考文献

1) 甘利俊一，神経回路網の数理，産業図書， 1978.

2) S. Amari, Field theory of self-organizing neural nets, IEEE Trans. on Systems, Man & Cybernetics, vol. SMC-13, pp. 741–748 (1983)

7. 無限レンジ神経ネットワークの動的性質

京大・基研　篠　本　　滋

神経細胞より成る体系は，構成しだいで，例えば脳にみられるような高度な情報処理を行うことができると考えられている。構成要素である神経細胞の動作原理は比較的単純であり，いわゆるしきい素子と呼ばれる数学モデル（いくつかのものが考えられる）でよく表現されることが知られている。他方コンピューターは論理素子と記憶素子を組合わせて目的を実行する為の精密な設計が行なわれて作られたものである。脳にみられる神経細胞はひとつで 10^3 のオーダーのシナプス結合を持っており，この点がコンピューターなどと本質的に異なる重要な性質であろう。そのことによって回路は非常に複雑になるが，逆にその結合の多さの故に生じる単純さがあるという期待もいだかせる。

本研究では上記しきい素子をランダムに結合した体系を考えてそのダイナミックスの特性をしらべる。しきい素子のモデルとしては McCulloch-Pitts モデルを考える。素子数を N 個，i 番目の素子の状態を s_i とする。s_i は $+1$（発火状態）と -1（休止状態）の２つの状態をとり得る。j 番目の細胞はシナプス結合を通じて $K_{ij}(s_j+1)$ の信号を i 番目に伝える。i 番目の素子はすべての信号の和と自らの臨界値を比較して次の時間の状態を決定する，即ち

$$s_i \rightarrow \mathrm{sgn}\left(\sum_{j(\neq i)} K_{ij}\, s_j - L_i \right) \tag{1}$$

ここで L_i は自らの臨界値から $\sum_{j(\neq i)} K_{ij}$ を差し引いたものである。我々の扱うモデルは L_i を一定（$=\overline{L}$），K_{ij} を，平均 $\overline{K}$ 分散 $(\varDelta K)^2$ の独立な Gauss 分布としたものである。(1)を実行するアルゴリズムとして(i)すべての素子の状態の変化を同時に進行させる（synchronous processing），又は(ii)ひとつひとつの状態を順々に変更してゆく（cyclic processing）の２通りについて調べた。

甘利（1972）は上記と同様の体系について activity level $z(t) = N^{-1}\sum_i s_j(t)$ のダイナ

ミックスを Synchronous processing に於て論じ，統計パラメーター空間の中で単安定，2安定，振動，といった相の存在を示した。本研究では全状態のパターンのダイナミックスを調べ，(i)で上記の相に加えてカオス相の存在を見出した。(ii)ではカオス相振動相があわさって multibasın といえる相となることを確認した。その詳細については文献を参照していただきたい。

参考文献

1) S. Amari and M. A. Arbib eds; '*Competition and Cooperation in Neural Nets*' Springer, Berlin (1982)

2) S. Shinomoto, Prog. Theor. Phys. **75** (1986) No. 6 and in preparation.

8. Oscillator Lattice の協力現象

京大・理　坂口英継，藏本由紀

京大・基研　篠本　滋

自励振動子の集団の引き込み現象のシミュレーションの結果を報告します。2次元正方格子の各格子点上にランダムな自然振動数をもつ振動子を並べ，最近接相互作用させる。振動子の状態を位相で表現するモデルを使う。

$$\frac{d\phi_i}{dt} = \omega_i - K\sum_j \{ \sin(\phi_i - \phi_j + \alpha) - \sin\alpha \}$$

計算結果を位相のパターンと振動数のパターンで表わした。計算の最終時刻 t_2 で位相が0と π の間にある格子点に＋印をつけた図を位相パターンとよぶ。各振動子の振動数を位相の平均増加率 $(\phi_i(t_2) - \phi_i(t_1)) / (t_2 - t_1)$ で定め，隣りの振動子の振動数と十分近く，同期していると判断した時，その格子点間をボンドでつないで作った図を振動数パターンとよぶ。

図Iは $\alpha = \frac{\pi}{4}$，ω_i は分散1のガウス乱数，$K = 2.6$ のシミュレーションの結果である。サイズは 96 × 96 で周期境界条件を使った。I－1，I－2，I－3はパラメータや ω_i は同じで，初期条件だけがちがう計算の結果を示している。a が振動数パターンで，同期したクラスターを表わしている。b が位相パターンで，同期したクラスター内では渦巻きや同心円状になっている。初期条件によって，引き込みかたが大きく異なるのが特徴的である。